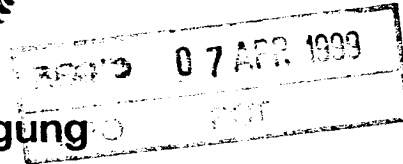


**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Bescheinigung**



EJKU

14. Dez. 1998  
H. J. ...

GP 99/00903

Die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. in  
München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Laserscanner-Meßsystem"

am 16. Februar 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole  
G 01 B und G 02 B der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 29. Januar 1999

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 06 288.5

B. J.

## Laserscanner-Meßsystem

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein konfigurierbares Laserscanner-meßsystem zur Vermessung einseitig zugänglicher und/oder komplex geformter oder strukturierter Objekte gemäß dem Oberbegriff des Anspruch 1.

### Stand der Technik

Zur Vermessung beidseitig zugänglicher Körper werden vielfach telezentrische Laserscanner eingesetzt. Das Prinzip dieser Scanner zeigt Fig. 1. Die Scannereinheit (1) sendet einen Laserstrahl (2) aus, der auf die gegenüberliegende Empfängereinheit (4) ausgerichtet ist. Befindet sich kein Meßobjekt (3) im Strahlengang, so gelangt der Strahl unbeeinflusst in den Empfänger und wird dort mit einer, im Brennpunkt der Empfängeroptik (5) angeordneten, Fotodiode (6) detektiert. Trifft der Strahl auf ein Meßobjekt, so wird er abgeschattet. Zur Vermessung wird der Laserstrahl mit konstanter Geschwindigkeit (Scangeschwindigkeit  $v_s$ ) parallel zur Verbindungslinie Scanner-Empfänger verschoben. Ist die Scangeschwindigkeit bekannt, kann die Größe des Meßobjekts senkrecht zur Verschieberichtung aus der Zeitdauer der Abschattung des Strahls berechnet werden.

Die Berücksichtigung der Scangeschwindigkeit kann mit folgenden Verfahren erfolgen:

1. sie wird z. B. mit Hilfe einer Regelung konstant gehalten und dieser konstante Wert wird als Parameter in der Auswertung berücksichtigt,
2. sie wird gemessen. Die Messung erfolgt z.B. indirekt über eine Messung der Winkelgeschwindigkeit der Umlenkeinheit im Scanner oder direkt mittels zweier, im Scanner fest angeordneter, Fotodioden (7). Letztere detektieren den Zeitpunkt des Scanstarts ( $t_{\text{start}}$ ) bzw. des Scanstops ( $t_{\text{stop}}$ ). Die Scangeschwindigkeit ist der Quotient aus dem Abstand der Fotodioden und der Zeitdifferenz zwischen Scanstop und Scanstart. Der Abstand der Fotodioden wird durch Kalibrierung ermittelt.

Bei anderen Scannerkonzepten wird anstelle einer Fotodiode in der Brennebene der Empfängeroptik eine spezielle Blende und zwei Fotodioden eingesetzt (EP 0 439 803). Dieses Konzept gestattet die Vermessung des Schattenwurfs von Objekten, die eine Ausdehnung kleiner als der Strahldurchmesser des Laserstrahls aufweisen. Dazu wird das Fraunhofer-Beugungsmuster ausgewertet, wenn der Laserstrahl genau auf das Meßobjekt ausgerichtet ist. Dieser Zeitpunkt ist dadurch gekennzeichnet,

daß dann die Summe beider Intensitäten maximal ist. Aus dem Verhältnis der zu diesem Zeitpunkt mit den einzelnen Fotodioden gemessenen Intensitäten wird die Größe des Meßobjekts ermittelt.

### Probleme

Letztlich können mit den beschriebenen Laserscannern lediglich beidseitig zugängliche Objekte vermessen werden. Prinzipiell meßbar sind alle Eigenschaften, die zu einer kompletten Abschattung des Laserstrahls durch das Meßobjekt führen. Dies sind zum Beispiel:

- bei massiven Stäben der Durchmesser,
- bei Profilkörpern die maximale Ausdehnung in Scanrichtung (die Richtung in der sich der Laserstrahl mit der Zeit durch das Meßfeld bewegt),
- bei kammförmigen Strukturen die Breite der Zinken bzw. Zwischenräume dazwischen.

Objekteigenschaften, die nicht zu einer kompletten Abschattung bzw. zu Fraunhofer-Beugung führen bzw. nur einseitig zugängliche Meßobjekte sind nach dem Stand der Technik mit telezentrischen Laserscannern nicht vermessbar.

Aufgabe der Erfindung ist es das Laserscanner-Meßsystem so zu verbessern, daß es zur Vermessung einseitig zugänglicher und/oder komplex geformter oder strukturierter Objekte geeignet ist. Erfindungsgemäß wird dies erreicht durch das Laserscanner-Meßsystem nach Anspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Meßsystems sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

### Erfindung

Gegenstand der Erfindung ist ein Laserscanner-Meßsystem zur Vermessung einseitig zugänglicher und / oder komplex geformter oder strukturierter Objekte.

Nach Anspruch 1 wird die Vermessung von einer Seite aus mittels eines Laserscanner-Meßsystems erreicht, das beispielsweise aus einer kombinierten Beleuchtungs- Empfängereinheit (s. Fig. 2, Nr. 8) besteht. Vom Laser 12 ausgehend durchquert der Laserstrahl den Strahlteiler 11 und gelangt über die Ablenkeinheit 10 und die kombinierte Sender-Empfängeroptik 13 in den Außenraum. Trifft der Laserstrahl auf ein spiegelndes

Oberflächenelement des Meßobjekts, dessen Flächennormale mit der Richtung des Laserstrahls zusammenfällt, so wird der Laserstrahl in die Empfängereinheit zurückgespiegelt. Er gelangt über die Optik, die Umlenkeinheit und den Strahlteiler auf den Detektor 6. Aus der Messung des Zeitpunkts, zu dem der Laserstrahl zurückgespiegelt wird, kann die Position dieses senkrecht zum Laserstrahl orientierten Flächenelements bestimmt werden. Beipielsweise kann derart eine Bestimmung des Mittelpunkts eines blanken Stabes mit kreisförmigem Querschnitt erfolgen.

Die Ausdehnung von Objekten mit matter Oberfläche kann vermessen werden, sofern sich die Streueigenschaften der Objektoberfläche deutlich von den Streueigenschaften des Hintergrundes 9 unterscheiden lassen.

Überstreicht der Laserstrahl eine Objektoberfläche, deren Streueigenschaften sich im Meßfeld ändert, so kann die Ausdehnung von Zonen mit deutlich unterschiedlicher Streucharakteristik vermessen werden. Weist das Objekt beispielsweise im festen Zustand eine matte und im flüssigen Zustand eine blanke Oberfläche auf, so kann die Größe des flüssigen Bereichs aus dem Intensitätsverlauf ermittelt werden.

Die Messung des Beginns bzw. Endes eines Scans kann nach Anspruch 2 erreicht werden, indem zwei retroreflektierende Marken (Folienpunkte) in der Scanner-Empfängereinheit angeordnet werden. Die Detektion der Zeitpunkte kann mittels der Empfängerdiode erfolgen.

Kann in Abstrahlrichtung hinter dem Meßobjekt eine retroreflektierende Einheit gemäß Anspruch 3 angeordnet werden (z. B. retroreflektierende Folie 9a, verspiegelte Quaderecke 9b oder „lens-type“ Retroreflektor), so sind weitere Objekteigenschaften vermeßbar. Die Retroreflektoreinheit reflektiert die auftreffenden Strahlen in sich bzw. in der Richtung senkrecht zur Scanebene (definiert durch die optische Achse des Laserscanners und die Bewegungsrichtung des Laserstrahls) versetzt in die Scanner-Empfängereinheit zurück. Durch besondere Ausbildungen oder Anordnungen des Retroreflektors lassen sich spezielle Arten der Vermessung realisieren. Als Beispiele seien folgende besonders ausgezeichnete Ausführungen genannt:

- wird ein Folienreflektor (9b in Fig. 2b) verwendet, so kann der Schattenwurf und aus dem Schatten die Außenkontur eines praktisch nur einseitig zugänglichen Meßobjekts bestimmt werden,
- andere Retroreflektoren (in Form zweier zueinander senkrechter Spiegel (s. 9c in Fig. 2c), Prismas oder Retroreflektoren bestehend aus einer rückseitig verspiegelten Kombination zweier sphärischer Linsen bzw. Zylinderlinsen (9d in Fig. 2d)) ermöglichen - je nach Dimensionierung der Optik und Elektronik des Scannersystems die Vermessung der maximalen

bzw. mittleren Ausdehnung des Meßobjekts über die Richtung senkrecht zur Symmetrieachse des Retroreflektors.

Neben der Möglichkeit zur Ermittlung weiterer geometrischer Größen des Meßobjekts bzw. der Möglichkeit zur Vermessung schwer zugänglicher Objekte, bietet eine erfindungsgemäße Anordnung mit Retroreflektoren den Vorteil, daß nur ein Gerät verkabelt werden muß. Bei Verwendung eines Folienreflektors muß zudem keine Justage der Reflektoreinheit erfolgen.

Eine sehr genaue Bestimmung des Zeitpunkts, an dem der Laserstrahl auf das Meßobjekt trifft, kann erfolgen, indem nach Anspruch 4

- vor dem Fotodetektor eine Dunkelblende angeordnet wird und die
- Auswerteelektronik die Zeitpunkte bestimmt, an denen die auf den Detektor auftreffende Strahlung einen Maximalwert erreicht.

Diese Auswertung nutzt die Beugung der Grenzstrahlen an den Objektkanten. Sie wird durch Änderungen der Leistung des Lasers und Änderung der Intensität der Laserstrahlung im Verlauf eines Scans wenig beeinflusst. Sie ist sowohl mit einem Laserscanner mit getrennten Sender- und Empfängereinheiten (s. Fig. 3), als auch mit Laserscannern mit einer gemeinsamen Sende- Empfangseinheit realisierbar (s. Fig. 4). In letzterer ist es gegebenenfalls vorteilhaft vor der Dunkelfeldblende eine zusätzliche Linse 16 anzuordnen.

Werden telezentrische Laserscanner nach dem Stand der Technik zur Vermessung von Glasrohren benutzt, können Fehlfunktionen auftreten, da es neben den Schattenkanten am Außendurchmesser drei zusätzliche ausgezeichnete Strahlengänge gibt, bei denen Licht von der Scannereinheit in den Empfänger gelangt:

1. Rohrmitte: das Rohr wirkt dort wie eine Linse, der Mittenstrahl gelangt praktisch ungeschwächt auf den Detektor.
2. zwei Reflexionen an der Innenwand: die auf das Rohr fallende Strahlung wird beim Eintritt in das Rohr zur Rohrmitte gebrochen, an der Innenwand reflektiert und beim Austritt erneut gebrochen. An genau 2 Stellen auf dem Rohr sind die einfallenden und die austretenden Strahlen parallel zueinander, so daß die Strahlen im Empfänger detektiert werden können. Die Position dieser Stellen auf dem Rohr hängt vom Durchmesser, von der Wanddicke und vom Brechungsindex des Rohres ab.

Die Amplitude dieser Signale ist bei Anordnungen nach dem Stand der Technik gering, kann jedoch die Vermessung stören. Eine der erfin-

dingungsgemäßen Anordnungen nach Anspruch 4 führt dazu, daß die Reflexionen an der Innenwand sehr gut detektierbare Signale mit großem Störabstand liefern, aus denen die Wanddicke der Rohre berechnet werden kann. Diese Signale können sehr gut ausgewertet werden indem mit der Auswerteelektronik die Zeitpunkte bestimmt werden, an denen das Signal lokale Maxima erreicht. Eine Methode dazu ist mit der Auswerteelektronik folgende Bedingungen zu überprüfen:

1. Die Ableitung des Signals hat einen Nulldurchgang.
2. Das Signal ist größer als das Rauschen.

Werden die Zeiten, zu denen beide Bedingungen erfüllt sind gemessen, kann für Glasrohre eine relativ störunempfindliche Erfassung des Durchmessers und zweier Wanddickewerte erfolgen.

Störungen kann es bei dieser Art der Kanten- und Reflexauswertung geben, wenn die Vermessung in einer staubigen Umgebung oder in einer Umgebung mit starken Luftbewegungen oder Luftturbulenzen durchgeführt werden muß. In diesen Fällen kann mit einer Anordnung nach Anspruch 5 eine erhebliche Steigerung der Robustheit der Vermessung erreicht werden. Dazu wird der Empfängerstrahlengang mit einem Strahlteiler 17 (s. Fig. 5 und Fig. 6) derart aufgespalten, daß ein Teil der Strahlung auf eine Fotodiode mit davor angeordneter Dunkelfeldblende gelangt, ein anderer Teil der Strahlung gelangt direkt auf eine zweite Fotodiode. Die Bestimmung der Kanten kann auf die oben beschriebene Art erfolgen. Die zusätzlich vorhandene Intensitätsmessung wird genutzt, um sicherzustellen, daß nur Signalmaxima im Bereich zwischen den Schattenkanten zur Auswertung herangezogen werden. Störungen durch Luftschlieren oder Staub im Bereich außerhalb der Schattenkanten werden eliminiert, indem die Auswertung gesperrt wird, solange oder sobald das Signal auf der zweiten Fotodiode größer als ein (gegebenenfalls einstellbarer) Schwellwert ist.

Eine äquivalente Bestimmung der Kanten- und Reflexpositionen kann durchgeführt werden, wenn gemäß Anspruch 6 anstelle einer Fotodiode ein Fotodiodenarray oder eine Fotodiodenmatrix in der Brennebene der Empfängeroptik bzw. hinter der Strahlableitungsanordnung angeordnet wird. Sie ist derart anzuordnen, daß ein Element des Arrays den Anteil der Strahlung detektiert, welcher den Außenraum ohne Wechselwirkung mit dem Meßobjekt durchquert. Das Signal dieses Elements hat einen Verlauf, wie er auch mit der zweiten Fotodiode in einer Anordnung nach Anspruch 5 detektiert wird, jedoch doppelte Amplitude (da keine Verluste an dem Strahlteiler entstehen).

Mit einer positionsempfindlichen Fotodiode (s. Anspruch 6) kann die Lage der Schattenkanten bzw. der Innenreflexe und zusätzlich der mittlere

Differenzwinkel der Oberflächen eines teiltransparenten Meßobjekts gegen die Scanrichtung und die Scanebene vermessen werden. Die zusätzliche Vermessung nutzt den Effekt, daß der Winkel der Oberflächenelemente zu einer Ablenkung des transmittierten Strahls führt, der als Höhenversatz in der Brennebene detektiert werden kann.

Eine positionsempfindliche Fotodiode erlaubt ferner die gleichzeitige Bestimmung des Reflexes an der Objektoberfläche und des Kippwinkels des Objekts gegen die Scanebene. Dazu wird sie als Sensor in einem Empfänger eingesetzt, der gemäß Anspruch 7 unter einem Winkel ungleich  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  zur optischen Achse des Scanners angeordnet ist.

Werden zwei Empfänger auf gegenüberliegenden Seiten des Meßobjekts unter einem Winkel gegen die Scanrichtung angeordnet, so können Meßobjekte vermessen werden, deren Ausdehnung größer als die Breite des abgescannten Bereiches ist. Werden die Empfänger beispielsweise unter  $\pm 90^\circ$  zur Strahlrichtung angeordnet, erhält man bei Objekten mit kreisförmigem Querschnitt eine Verkleinerung um den Faktor  $2^{0.5}$ . Das bedeutet Objekte mit einer Ausdehnung bis zum 1,4-fachen des abgescannten Bereichs können noch vermessen werden.

Äquivalent dazu ist die Anordnung mehrerer (zusätzlicher) Retroreflektoreinheiten an entsprechenden Stellen, sofern eine kombinierte Sende-Empfangeinheit verwendet wird (s. Fig. 7).

Durch Wahl des Winkels der Empfänger bzw. Retroreflektoreinheit(en) gegen die Scanrichtung kann der Maßstab der Verkleinerung in weiten Grenzen variiert werden.

Werden zur Vermessung mehrere Retroreflektoren eingesetzt und beispielsweise unter  $180^\circ$ , unter  $+90^\circ$  und  $-90^\circ$  zur Scannereinheit angeordnet, erhält man den Mittelpunkt und mehrere Punkte auf dem Umfang des Meßobjekts (s. Fig. 7). Daraus kann beispielsweise die Abweichung der Form des Meßobjekts von der Idealform vermessen werden. Beispielsweise kann der vermessene Objektquerschnitt durch eine Ellipse beschrieben werden. Aus den Parametern der Ellipse kann die Abweichung des Querschnitts von einer idealen Kreisform ermittelt werden.

Wird eine derartige Anordnung mit einem Scanner aufgebaut, der eine konvergente oder divergente Abstrahlrichtung aufweist, können aus den Grenzstrahlen (Schattenkanten) 2 Tangenten an das Meßobjekt bestimmt werden. Zusätzliche Punkte auf der Objektoberfläche erhält man durch Auswertung der retroreflektierten Strahlen. Aus diesen Meßgrößen kann der Durchmesser und die Lage des Meßobjekts in der Scanebene bestimmt werden.

Weitere Vorteile bietet diese Anordnung bei der Vermessung transparenter Rohre. Der Abstand zwischen den an der Außenwand und an der Innenwand reflektierten Strahlen ist bei dieser Anordnung erheblich größer ist als bei der 180° Anordnung. Sie ermöglicht daher eine Verbesserung der Meßgenauigkeit bzw. die Vermessung dünnwandiger Rohre.

Weitere geometrische Kenngrößen des Meßobjekts werden der Messung zugänglich, sofern nach Anspruch 8 der Laserstrahl mit optischen Mitteln (wie z.B. einem parallel zur Scanrichtung angeordneten Gitter) senkrecht zur Scanebene aufgespalten wird. Im Falle der Verwendung separater Empfänger wird für jede Scanlinie ein eigener Empfänger vorgesehen. Wird eine kombinierte Scanner/ Empfängereneinheit eingesetzt, wird vorzugsweise vor dem Strahlteiler für die Aufteilung zwischen Sende- und Empfangsstrahlengang ein Gitter angeordnet und mittels des Gitters aufgespalten. Im Empfängerstrahlengang befinden sich dann im Brennpunkt der Optik pro auszuwertendem Strahlengang je eine Fotodiode bzw. ein Element eines Fotodiodenarrays. Durch die Aufspaltung des Scanstrahlengangs in mehrere Partialstrahlengänge kann der Verlauf der Objektgeometrie über die Ebene senkrecht zur Scanebene ermittelt werden. Damit kann beispielsweise ein konischer Verlauf der Objektkontur oder eine Krümmung des Meßobjekts sicher erfaßt werden.

Ein größerer Winkel zwischen den Partialstrahlengängen kann gegebenenfalls durch Verwendung einer Zylinderoptik im Sendestrahlengang erreicht werden.

Eine Erweiterung des Meßverfahrens wird durch ein optisches Bauelement zur Aufspaltung eines Laserstrahls in mehrere, in der Scanebene liegende, Teilstrahlengänge (s. Anspruch 9, beispielsweise ein Gitter, dessen Linien senkrecht zur Scanebene verlaufen) ermöglicht.

Wird das Element im Bereich zwischen dem Laser und dem Brennpunkt der Scanneroptik angeordnet, treffen mehrere Strahlen auf die Ablenkeinheit in der Brennebene der Senderoptik. Dadurch emittiert die Scannereinheit mehrere Strahlenbündel. Sie liegen in der Scanebene (der Ebene, welche durch die Scanrichtung und die optische Achse definiert ist), weisen aber einen (ggf. mit dem Ort variierenden) Winkel zur Scanrichtung auf. Diese Strahlen werden am Meßobjekt abgeschattet, gebeugt oder reflektiert und können in der Empfängeroptik in der Brennebene in einem definierten Abstand zum Brennpunkt detektiert werden. Dazu muß dort pro Teilstrahlengang ein Fotodetektor oder ein Element eines Detektorarrays vorgesehen werden. Über eine Auswertung der Schattenkanten bzw. der Reflexions- oder Beugungspeaks des entsprechenden zeitlichen Intensitätsverlaufs kann die Lage des Objekts in der ausgeleuchteten Ebene vermessen werden.



Die Anordnung polarisierende Strahlteiler im Strahlengang (gemäß Anspruch 10) ermöglicht die Erfassung des Polarisationszustands der detektierten Strahlung. Damit können Objekteigenschaften vermessen werden, welche die Polarisationszustände der transmittierten Strahlen unterschiedlich beeinflussen. Neben dem Strahlteiler ist zusätzlich jeweils ein Detektorelement pro zu erfassender Meßgröße im Empfängerstrahlengang anzuordnen. Aus den Unterschieden der Intensitäten kann die zu erfassende Objektkenngroße bestimmt werden.

Für doppelbrechende oder optisch aktive Folien kann beispielsweise die optische Weglänge und damit die Schichtdicke oder das Drehvermögen in Richtung der optischen Achse ermittelt werden. Dazu wird ein Scanner mit einem zirkular polarisierten Laserstrahl verwendet und ein polarisierender Strahlteiler im Sender- oder Empfängerstrahlengang, sowie für jeden Teilstrahlengang ein Fotodetektor(element) im Empfänger angeordnet.

Weitere zusätzliche, die Polarisation der transmittierten Strahlung beeinflussende Kenngrößen des Objekts sind meßbar, sofern sowohl im Sende- als auch im Empfängerstrahlengang eine Aufspaltung der unterschiedlich polarisierten Strahlungskomponenten erfolgt.

Werden zusätzlich zu dieser Aufspaltung (nach Anspruch 11) ein oder mehrere wellenlängenselektive Filter in den Empfängerstrahlengang eingebracht, so kann für Substanzen (z.B. PET), die intrinsische polarisierte Fluoreszenz aufweisen, eine gleichzeitige Vermessung folgender Kenngrößen erfolgen:

1. Objektposition und Ausdehnung in Scanrichtung,
2. Verlauf des 1. Moments der Orientierungsverteilungsfunktion,
3. Verlauf des 2. Moments der Orientierungsverteilungsfunktion.

Bei PET tritt die intrinsische polarisierte Fluoreszenz selektiv in den nicht-kristallinen Bereichen auf. Diese sind für die mechanischen Eigenschaften und die Anfärbbarkeit des Objekts entscheidend. Mit der beschriebenen Anordnung kann - über eine Vermessung der Momente der Orientierungsverteilungsfunktion - selektiv der Verlauf dieser Größen im Material erfaßt werden.

Weitere Kenngrößen des Meßobjekts lassen sich ermitteln, sofern nach Anspruch 12 in der Empfängereinheit zwei Strahlengänge (der vom Objekt kommende Strahlengang und ein Referenzstrahlengang oder ein den Objektraum durchquerender bzw. vom Objekt kommender, gegebenenfalls modulierter, zweiter Strahlengang) so überlagert werden, daß die Strahlen interferieren. Je nach Ausbildung dieses Strahlengangs und

Signalauswertung kann dann, zusätzlich zur Ermittlung der oben beschriebenen Kenngrößen, der Abstand oder die Kontur eines Meßobjekts in Richtung der optischen Achse bzw. die Geschwindigkeit der Bewegung des Meßobjekts durch die Scanebene erfaßt werden. Bei Nutzung des Retroreflektorprinzips kann der Referenzstrahlengang beispielsweise in Form eines Michelson-Interferometers im Inneren der kombinierten Sendeeinrichtung aufgebaut werden. Im Falle der Verwendung einer separaten Empfängereinheit kann der Referenzstrahlengang (am Meßobjekt vorbei) durch den Objektraum oder mittels Lichtleiter vom Scanner zum Empfänger geführt werden.

Die aufgeführten Meßarten sind untereinander nahezu beliebig kombinierbar. Besonders vorteilhaft kann dies mit einem modularen System realisiert werden, das aus einem Scannerkopf, einem Meßmodul und gegebenenfalls einem Empfängergehäuse mit Optik besteht. Die Scaneinheit 1 besteht aus

- einem Laser (12),
- einer Ablenkeinheit (10) und
- einer Optik 19,

sowie gegebenenfalls (bei Vermessung der Reflexion bzw. Rückstreuung oder Nutzung einer Retroreflektoreinheit) den zusätzlichen Komponenten:

- Empfängermodul (20)
- Scanstart- und Scanstopreflektor (14).

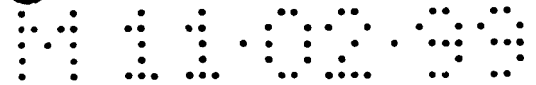
Das Empfängermodul weist Montagemöglichkeiten für Detektormodule (s. schematische Darstellung in Fig. 11b), Linsen oder Spiegel (Positionen A bis H in Fig. 11a) und Strahlteiler auf (s. Positionen St1 bis St3 in Fig. 11a). Je nach Bestückung des Empfängermoduls und der gewählten Anordnung lassen sich unterschiedliche Kombinationen verschiedener Meßgrößen ableiten. Einige Beispiele dafür sind in Tabelle 1 angegeben:

Modus	Empfänger	Objekt	Meßgrößen	Bauelement	Position
1	separat 180°	Glasrohr	Durchmesser, Wanddicke, Mittenposition	Fotodiodenarray D2	A
2	kombiniert	Glasrohr	Durchmesser, Wanddicke,	Strahlteiler 50% Fotodiodenarray	St1 C

			Mittenposition	D2	
3	separat 180°	transparente Fasern	Position Durchmesser, Polarisations- grad	Strahlteiler polarisierend Ringfotodiode D4 Fotodiode D1	St1 B C
4	kombinier t	transparente Fasern	Position Durchmesser, Polarisations- grad	Strahlteiler 50% Strahlteiler polarisierend Ringfotodiode D4 Fotodiode D1	St1 St2 B C
5	kombinier t	optisch aktive Schichten	Ausdehnung, Schichtdicke	Strahlteiler 50% Strahlteiler polarisierend Fotodiodenarray D2 Fotodiode 1	St1 St2 B C
6	kombinier t	Stäbe, Rohre	Durchmesser, Konizität, Durchbiegun g	Gitter parallel Scan-richtung Linse Strahlteiler 50% Linse Strahlteiler 50% Fotodiodenarray D2 Fotodiodenarray D3	H B St1 C St2 D E
7	kombinier t	Stäbe, Rohre	Durchmesser, Lage in der Scanebene Konizität, Durchbiegun g, Geschwindig- keit	Kreuzgitter Strahlteiler Linse Strahlteiler 50% Linse Strahlteiler 50% Fotodiodenarray D2 Fotodiodenarray D3 Fotodiode D1 (aktiver) Spiegel	H St3 B St1 C St2 D E F G

Tabelle 1: Beispiele für unterschiedliche Konfigurationen eines erfindungsgemäßen Laserscanner-Meßsystems

Erfindungsgemäße Laserscanner lassen sich gemäß Anspruch 13 besonders vorteilhaft zur Regelung von Produktionsprozessen nutzen, indem sie relevante Prozeßgrößen erfassen, die einer Prozeßsteuerung oder Regelung als Eingangssignale zugeführt werden.



## Ansprüche

1. Laserscanner-Meßsystem bestehend aus einer Sendereinheit mit Laser, Strahlablenkeinheit, und einer Senderoptik sowie einem Empfängerteil mit einem Fotodetektor, der in der Brennebene der Optik angeordnet ist, die für den Empfangsstrahlengang ist, dadurch gekennzeichnet,

- daß Scannereinheit und Empfängereinheit auf der gleichen Seite relativ zum Objekt angeordnet sind und
- die Flächennormale der Empfängeroptik zu der Abstrahlrichtung der Scannereinheit parallel ist, das heißt daß Scanner- und Empfängerstrahlengang im Außenraum zu jedem Zeitpunkt die gleiche optische Achse aufweisen, oder die Achsen zueinander und senkrecht zur Bewegungsrichtung des Laserstrahls parallel verschoben sind.

2. Laserscanner -Meßsystem nach Anspruch 1

dadurch gekennzeichnet

daß im Inneren der Scannereinheit, im Bereich zwischen der Strahlablenkung und dem Strahlaustritt, mindestens ein Retroreflektor oder eine retroreflektierende Marke angeordnet ist.

3. Laserscanner-Meßsystem nach Anspruch 1 oder 2

dadurch gekennzeichnet,

daß sich von der Scannereinheit aus gesehen hinter dem Meßobjekt eine Retroreflektoreinheit befindet, welche die auffallende Strahlung in sich oder mit einem Parallelversatz zurückspiegelt, so daß der auf die Scanner- Empfängereinheit zurückreflektierte Strahlengang in einer Ebene liegt, die parallel zu der Ebene versetzt ist, welche durch die Scanrichtung (die Richtung in welcher der Laserstrahl durch das Meßfeld bewegt wird) und die optische Achse gegeben ist.

4. Laserscanner-Meßsystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder den Ansprüchen 1 bis 3

dadurch gekennzeichnet,

daß im Empfängerstrahlengang im Brennpunkt der Empfängeroptik eine Dunkelfeldblende angeordnet ist, hinter der sich der Fotodetektor befindet und die Lage der Schattenkanten aus dem Zeitpunkt ermittelt wird, an dem die Fotodiode maximale Intensität detektiert.

5. Laserscanner-Meßsystem nach Anspruch 4

dadurch gekennzeichnet,

daß der Strahlengang in der Empfängeroptik mittels eines Strahlteilers, der vor der Dunkelfeldblende angeordnet ist, aufgespalten wird und im zweiten Teilstrahlengang eine Fotodiode annähernd im Brennpunkt der Empfängeroptik angeordnet ist.

6. Laserscanner-Meßsystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder einem der Ansprüche 1 bis 5

dadurch gekennzeichnet, daß

als Fotodetektor ein Fotodiodenarray (Fotodiodenzeile, Fotodiodenmatrix oder Ringdetektor) oder eine positionsauflösende Fotodiode verwendet wird.

7. Laserscanner-Meßsystem nach den Ansprüchen 1 bis 6

dadurch gekennzeichnet,

daß ein oder mehrere Empfängereinheiten oder Retroreflektoren unter einem Winkel ungleich  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  zur optischen Achse der Scannereinheit in der Scanebene angeordnet sind.

8. Laserscanner-Meßsystem nach den Ansprüchen 1 bis 7  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im Scannerstrahlengang eine Optik zur Aufspaltung des Scanstrahles in der Richtung senkrecht zur Scanrichtung (z.B. ein Gitter dessen Linien senkrecht zur Scanrichtung ausgerichtet sind) angeordnet ist.
9. Laserscanner-Meßsystem nach den Ansprüchen 1 bis 8  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im Scannerstrahlengang eine Optik zur Aufspaltung des Scanstrahles in der Richtung parallel zur Scanrichtung (z.B. ein Gitter dessen Linien parallel zur Scanrichtung ausgerichtet sind) angeordnet ist.
10. Laserscanner-Meßsystem nach den Ansprüchen 1 bis 9  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im Beleuchtungsstrahlengang und / oder im Empfängerstrahlengang optische Elemente zur Aufspaltung des Strahlengangs für unterschiedlich polarisierte Strahlung (zum Beispiel polarisierender Strahlteiler, Wollastonprisma, Verzögerungsplatte und Glan-Thomson-Prisma) angeordnet ist.
11. Laserscanner-Meßsystem nach den Ansprüchen 1 bis 10  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im Empfängerstrahlengang wellenlängensensitive Filter (Interferenzfilter, Farbfilter oder Kantenfilter) angeordnet sind.
12. Laserscanner-Meßsystem nach den Ansprüchen 1 bis 11  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in der kombinierten Scanner-Empfängereinheit, im Außenraum oder mittels eines Lichtwellenleiters ein Referenzstrahlengang realisiert ist, der dem vom Meßobjekt kommenden Strahlengang derart überlagert wird, daß das resultierende, sich örtlich und zeitlich, ändernde Interferenzmuster mit mindestens einem Detektorelement detektiert wird.
13. Laserscanner-Meßsystem nach den Ansprüchen 1 bis 12 zur Verwendung zur Regelung eines Produktionsprozesses.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Laserscanner-Meßsystem, bestehend aus einer Sendereinheit mit Laser, Strahlablenkeinheit, und einer Senderoptik sowie einem Empfängerteil mit einem Fotodetektor, der in der Brennebene der Optik angeordnet ist, die für den Empfangsstrahlengang ist.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß Scannereinheit und Empfängereinheit auf der gleichen Seite relativ zum Objekt angeordnet sind und die Flächennormale der Empfängeroptik zu der Abstrahlrichtung der Scannereinheit parallel ist, das heißt daß Scanner-und Empfängerstrahlengang im Außenraum zu jedem Zeitpunkt die gleiche optische Achse aufweisen, oder die Achsen zueinander und senkrecht zur Bewegungsrichtung des Laserstrahls parallel verschoben sind.

Zeichnungen

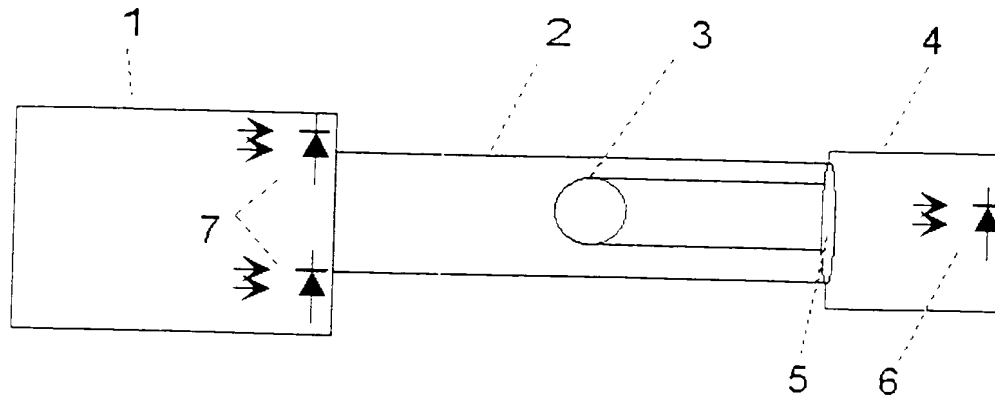


Fig. 1

Stand der Technik



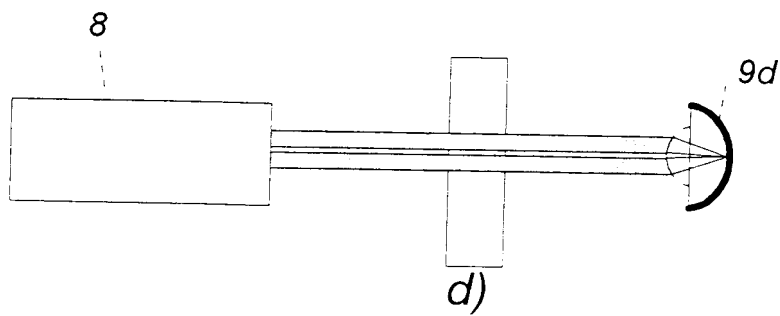
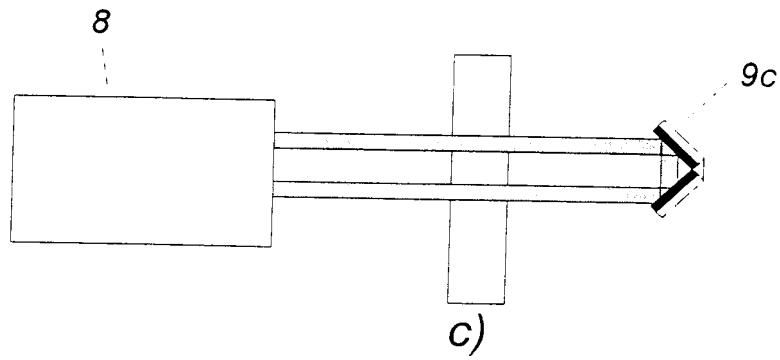
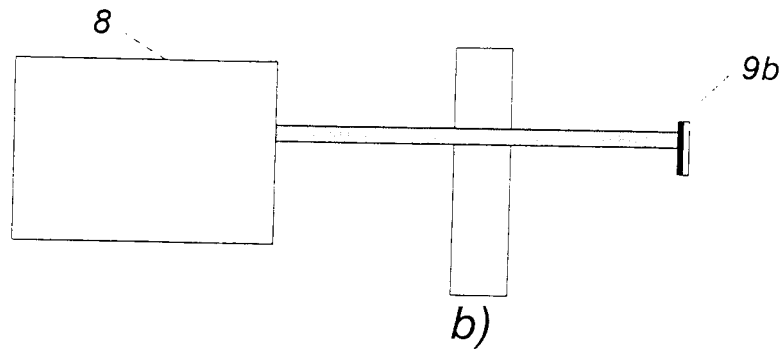
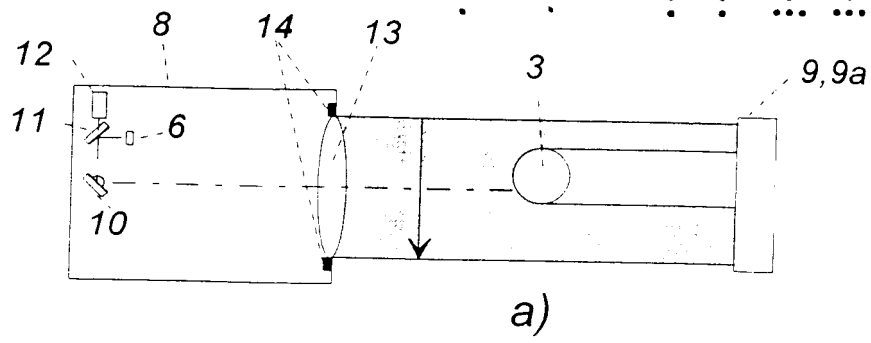


Fig. 2

Erfindung

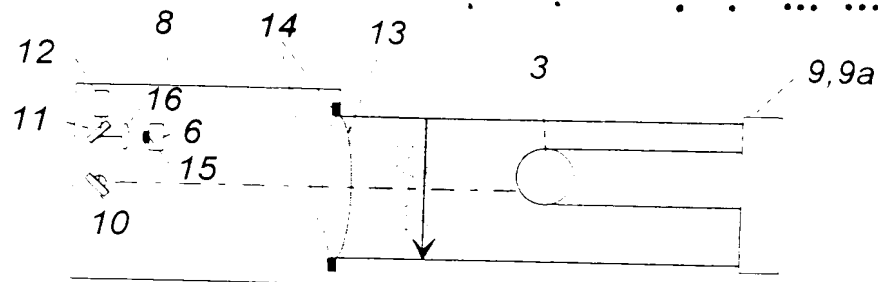


Fig. 3

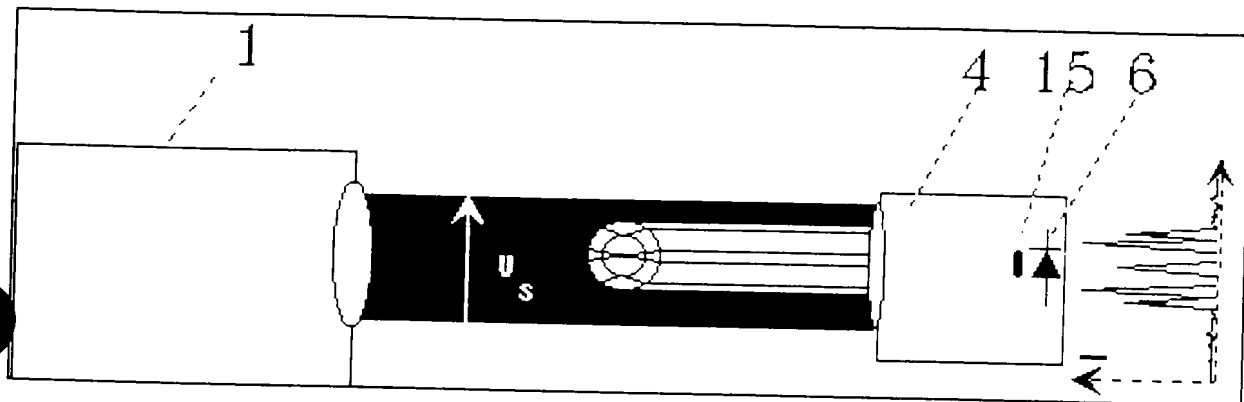


Fig. 4

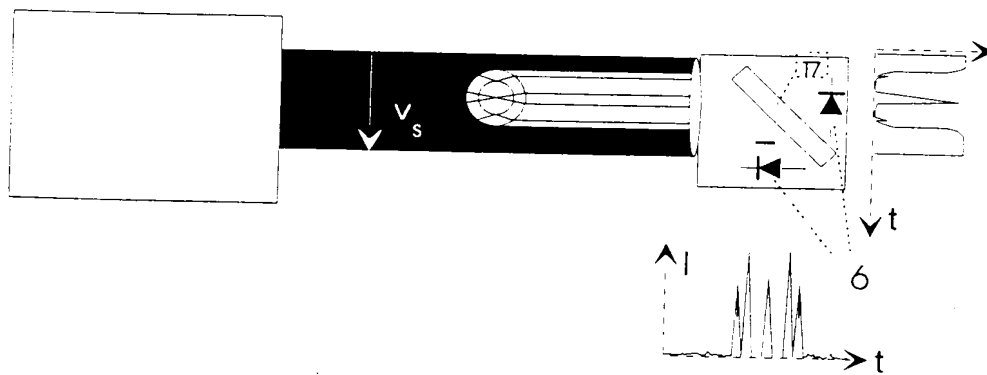


Fig. 5

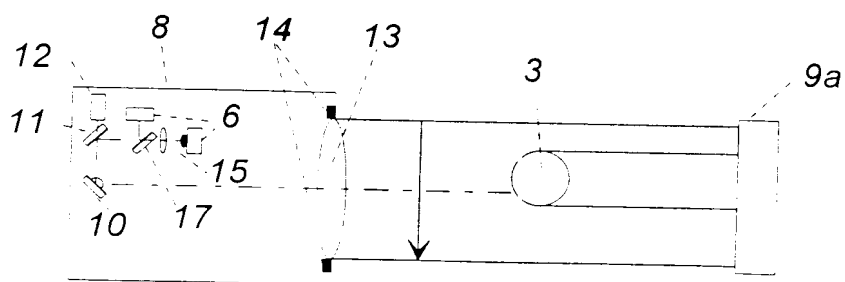


Fig. 6

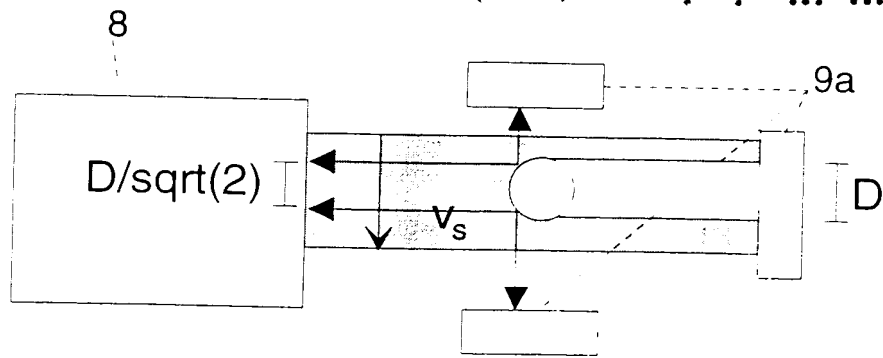


Fig. 7

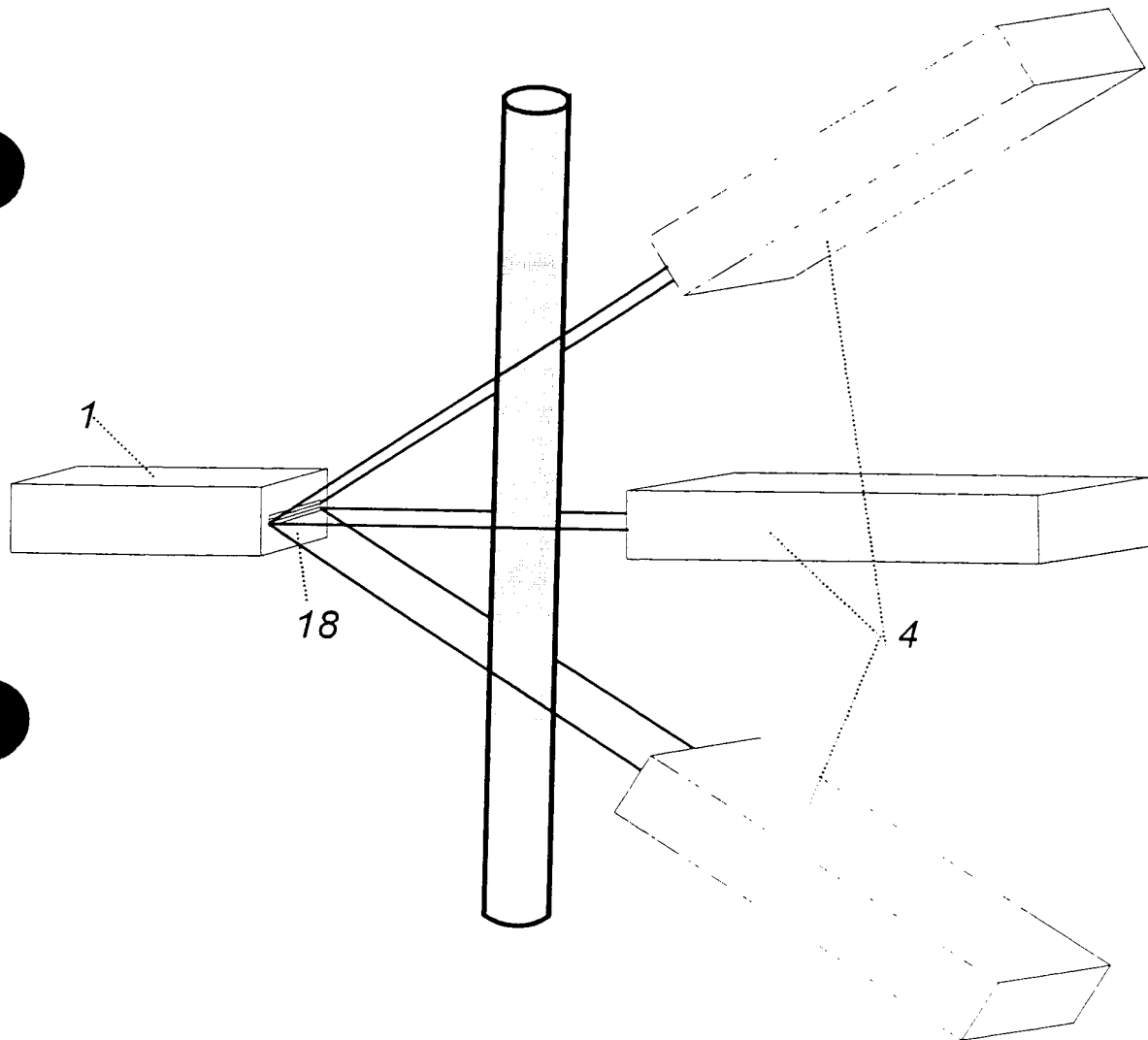


Fig. 8

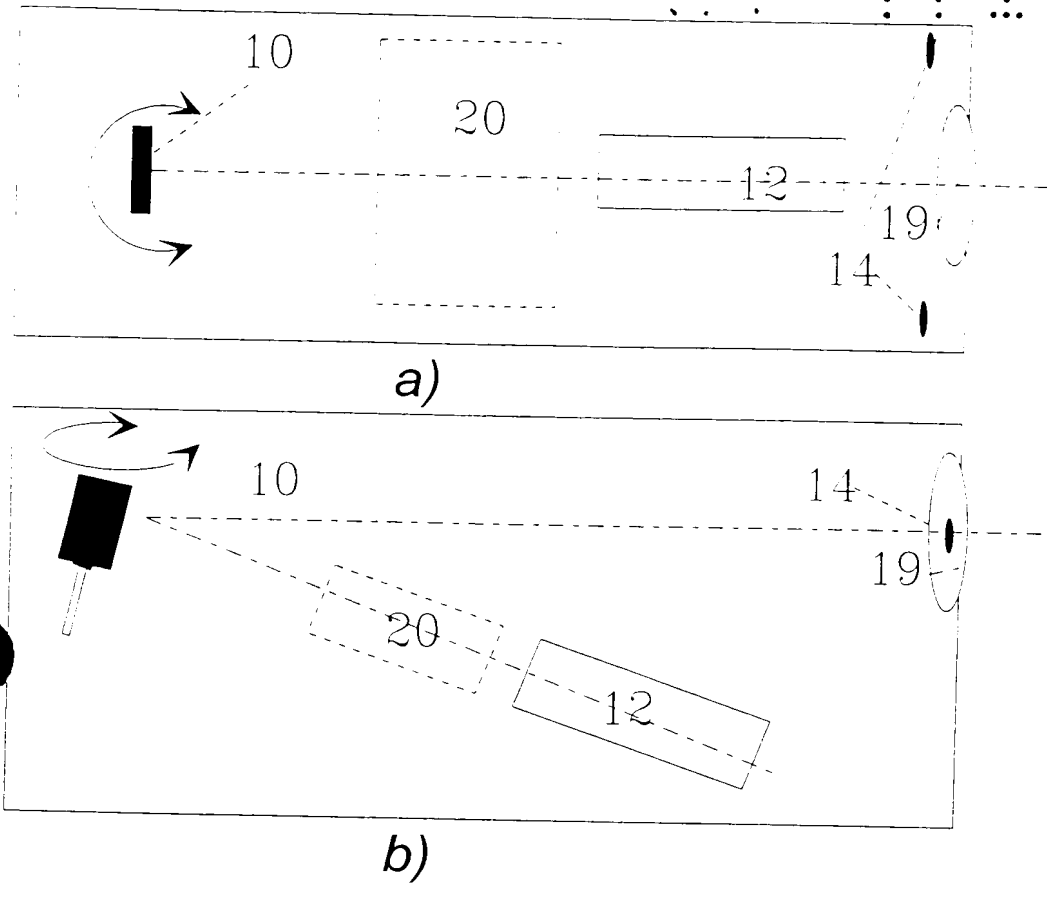
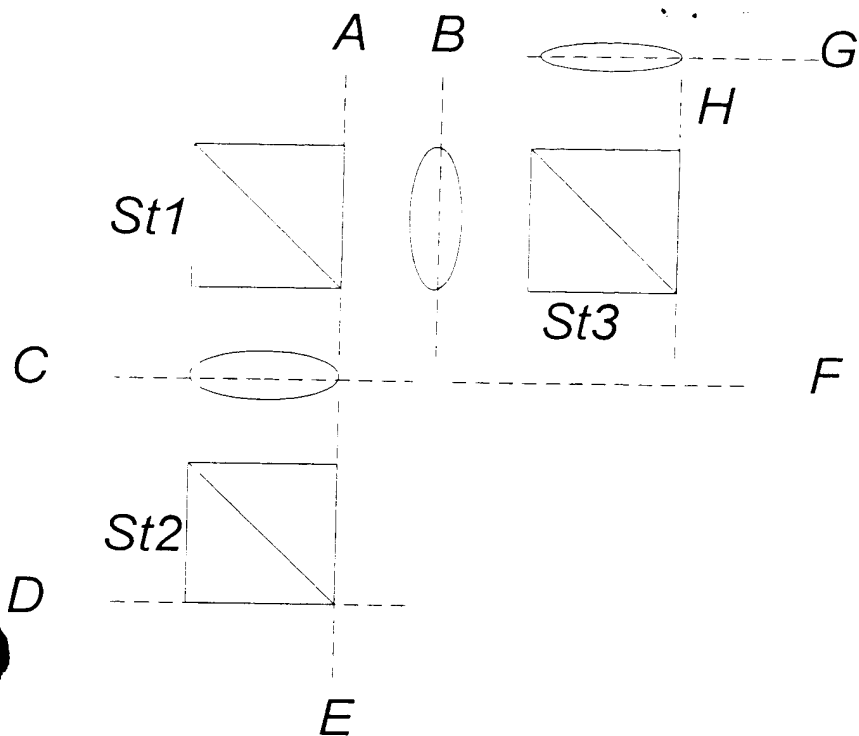
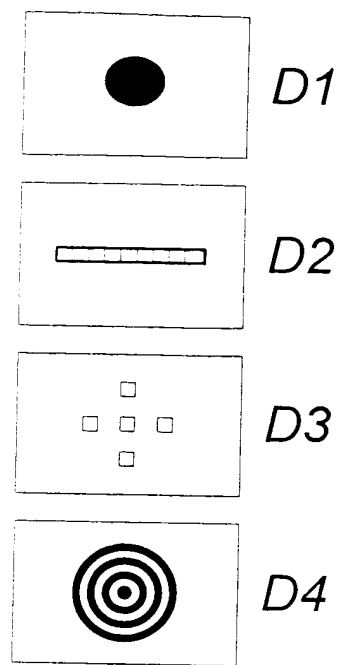


Fig. 9



a)



b)

Fig. 10

